

PERBEDAAN GRADASI TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN BETON ASPAL LAPIS PENGIKAT (AC-BC)

Makmun R. Razali¹⁾, Bambang Sugeng Subagio²⁾

¹⁾Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNIB, Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371, Telp. (0736)344087, e-mail : maomoon@gmail.com

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB.

Abstract

This research described the result of laboratory investigation toward the performance of Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) mixture with three types gradation : above the fuller curve (mix. A), below the fuller curve (mix. B) and combination between above and below the fuller curve (mix. C). All of the mixtures were designed according to Marshall Method. Test results showed that all mixtures met the requirements from Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) mix properties according to Marshall Parameter. According Marshall method had optimum bitumen content 5,60% (mix A), 6,10% (mix B) and 6,30% (mix C).

Keywords: Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC), gradation curve, fuller.

PENDAHULUAN

Pada dasarnya setiap perkerasan jalan akan mengalami proses kerusakan progresif sejak suatu jalan dibuka pertama kali untuk melayani lalu lintas. Kerusakan ini dapat berupa kerusakan struktural maupun kerusakan fungsional. Kerusakan struktural mencakup kegagalan perkerasan atau kerusakan dari satu atau lebih komponen perkerasan yang mengakibatkan perkerasan tidak dapat lagi memikul beban lalu lintas. Diantara penyebab kegagalan struktural pada perkerasan lentur adalah kelelahan pada lapis permukaan, konsolidasi atau terjadi tegangan yang melampaui batas yang terjadi pada lapis pondasi atas ataupun lapis permukaan (Yoder dan Witczak, 1975).

Lapis perkerasan di Indonesia sudah mulai menggunakan campuran panas baik untuk pelapisan ulang, pemeliharaan, peningkatan, maupun pembangunan jalan baru. Salah satu jenis campuran beraspal panas yang sering digunakan adalah lapis Beton Aspal (Laston) atau AC (*Asphalt Concrete*) (Yamin, 2002). Salah satu jenis perkerasan aspal pada spesifikasi ini adalah lapis beton aspal (Laston) atau lebih dikenal dengan AC (*Asphalt Concrete*). Laston lebih tahan terhadap pelelehan plastis akan tetapi cukup

peka terhadap retak. Tipe kerusakan umum yang dialami campuran laston adalah retak dan atau pelepasan butir. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa campuran ini perlu perbaikan dalam hal kelenturan dan keawetannya (Yamin, 2002).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi karakteristik *Marshall* (stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient* dari campuran beton aspal lapis pengikat (AC-BC) untuk 3 (tiga macam) gradasi yang berbeda.

Ruang lingkup penelitian merupakan batasan dari kegiatan penelitian, yaitu meliputi:

1. Material

- Jenis agregat (kasar, halus dan *filler*) diambil dari lokasi sumber material.
- Aspal (*bitumen*) yang digunakan adalah jenis penetrasi 60 yang diproduksi oleh Pertamina Cilacap;
- Gradasi yang digunakan adalah di atas kurva *fuller*, di bawah kurva *fuller* dan kombinasi antara di atas dan di bawah kurva *fuller* dari campuran beton aspal (AC) lapis pengikat (*Binder Course*) spesifikasi campuran aspal panas.

2. Pengujian *properties* agregat dan aspal pen 60 berdasarkan spesifikasi campuran aspal panas yang diterbitkan oleh Departemen Kimpraswil (2003).
3. Pengujian *Marshall* untuk mendapatkan kadar aspal optimum untuk jenis campuran beton aspal pen 60 terhadap kriteria campuran aspal panas yang diterbitkan oleh Departemen Kimpraswil (2003).

Lapis beton aspal.

Lapis beton aspal (Laston) adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural. Campuran ini terdiri atas agregat bergradasi menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (Bina Marga Dept. P.U., 1999).

Kekuatan perkerasan beton aspal diperoleh dari struktur agregat yang saling mengunci menghasilkan geseran internal yang tinggi dan saling melekat bersama oleh lapis tipis aspal perekat diantara butiran agregat. Oleh sebab itu beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku, yaitu tahan terhadap pelelehan plastis namun cukup peka terhadap retak, sehingga dengan demikian campuran ini cukup peka terhadap variasi kadar aspal dan perubahan gradasi agregat. Menurut spesifikasi campuran beraspal Departemen Kimpraswil (2003), laston (AC) terdiri dari tiga campuran, laston lapis aus (AC-WC), laston lapis pengikat (AC-BC), dan laston lapis pondasi (AC-Base). Ukuran maksimum masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm.

Agregat

Agregat atau batu atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya pada perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan.

Beton aspal yang diamati dalam penelitian ini mempunyai karakteristik gradasi agregat menerus dan stabilitas campuran aspal, yaitu ketahanan deformasinya, terutama

dipengaruhi oleh partikel agregat yang saling mengunci dan gesekan antar permukaan partikel yang berdekatan. Agregat tersebut terdiri dari agregat kasar, halus.

Agregat kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan disaringan 2,36 mm, atau sama dengan saringan standar ASTM No. 8. Agregat kasar harus memenuhi gradasi yang disyaratkan di dalam spesifikasi dan harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah. Agregat kasar harus bersih, keras dan tahan lama, bebas dari kotoran atau bahan yang tidak dapat disetujui. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan yang cukup terhadap abrasi, terutama untuk penggunaan sebagai lapis aus permukaan dan pengukuran ketahanan partikel terhadap abrasi.

Agregat halus

Fungsi agregat halus adalah untuk menambah stabilitas campuran yaitu dengan memperkuat sifat saling mengunci dan mengisi rongga antar butir agregat kasar serta menaikkan luas permukaan dari agregat yang dapat diselimuti aspal sehingga menambah keawetan perkerasan. Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no.8 (2,36 mm), yaitu fraksi agregat halus hasil pecah mesin atau pasir dengan persentase maksimum yang disarankan untuk Laston adalah sebesar 15 %, dan harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya, pasir yang kotor dan berdebu serta partikel lolos ayakan no.200 (0,075 mm) lebih dari 8 % atau pasir yang mempunyai nilai setara pasir (*sand equivalent*) kurang dari 50 sesuai dengan Pd M-03-1996-03 tidak diperkenankan untuk digunakan dalam campuran.

Filler

Filler adalah material yang lolos saringan No. 200 dan yang biasa dipakai sebagai *filler* antara lain debu batu, semen, kapur tohor, abu terbang atau debu mineral halus lainnya. *Filler* harus bersih dan bebas dari lumpur. Fungsi dari bahan pengisi (*filler*) adalah untuk mengurangi kepekaan campuran terhadap temperatur, akan tetapi

penggunaan bahan pengisi harus dibatasi, jika terlalu banyak menyebabkan campuran getas dan mudah retak akibat beban lalu lintas, sebaliknya jika terlalu rendah akan menghasilkan campuran lunak dan tidak tahan terhadap cuaca.

Aspal

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen, oleh sebab itu aspal sering disebut material *berbituminous*.

Secara umum perencanaan campuran beton aspal dimaksudkan untuk memperoleh komposisi gradasi dan campuran agregat dengan aspal yang ekonomis dimana campuran tersebut memiliki hal-hal sebagai berikut:

1. Cukup aspal, sehingga menghasilkan campuran yang awet.
2. Cukup stabil, sehingga mampu memikul dan menyalurkan beban lalu lintas tanpa mengalami kerusakan.
3. Cukup rongga namun tetap kedap air, sehingga dapat mengakomodir pemadatan tambahan oleh lalu lintas dan pemuatan aspal akibat kenaikan temperatur tanpa terjadi bleeding dan kehilangan stabilitas, serta mengurangi efek merusak dari air dan udara.
4. Cukup mudah dilaksanakan, sehingga memungkinkan pengangkutan, penghamparan, dan pemadatan campuran tanpa terjadi pemisahan butiran yang dapat menyebabkan kehilangan stabilitas serta penampilan perkerasan yang kurang baik.
5. Untuk campuran lapis permukaan harus mempunyai agregat yang mempunyai tekstur dan kekerasan yang memadai, sehingga dapat memberikan tahanan geser yang memadai pada kondisi cuaca yang buruk.

Perencanaan campuran beraspal panas yang umum dilakukan di Indonesia adalah dengan metode *Marshall*. Dari perencanaan tersebut akan diperoleh nilai stabilitas (*stability*) dan kelelahan (*flow*), yang selanjutnya akan dihitung rasio stabilitas dan kelelahan (*Marshall Quotient*) serta besaran-besaran volumetrik lainnya.

Tujuan akhir perencanaan campuran beraspal adalah memilih suatu rancangan kadar aspal yang unik, yang secara seimbang, memenuhi semua sifat-sifat campuran yang diinginkan (*The Asphalt Institute, 1993*). Untuk campuran beton aspal lapis pengikat pada spesifikasi baru harus memenuhi ketentuan sifat-sifat campuran seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketentuan sifat-sifat campuran

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		WC	BC	Base
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1,2		
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,5		
	Maks.	5,5		
Rongga dalam Agregat (VMA)(%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1500
	Maks.	-		-
Pelelehan (mm)	Min.	3		5
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250		300
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min.	75		
Rongga dalam campuran(%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min.	2,5		

Sumber : (DPU, 2003) Spesifikasi Campuran

METODE PENELITIAN

Prosedur pengujian yang dilakukan di laboratorium mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Jika ada prosedur pengujian yang tidak terdapat dalam SNI, maka digunakan prosedur lainnya yang biasa digunakan seperti *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, dan *British Standard (BS)*.

Agregat kasar, agregat halus, dan *filler* jenis abu batu yang digunakan adalah dari jenis batu pecah yang berasal dari *Quarry*. Pengujian laboratorium yang dilakukan untuk agregat kasar, agregat halus, dan *filler* disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian sifat-sifat teknis agregat

No.	Pengujian	Standar
Agregat Kasar		
1	Berat Jenis dan Penyerapan	SNI 03-1969-1990
2	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 03-3407-1994
3	Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991
4	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991
5	Angularitas	DoT's Pennsylvania Test Method, PTM No.621
6	Partikel Pipih	BS. 812-75
7	Partikel Lonjong	BS. 812-75
Agregat Halus		
1	Berat Jenis dan Penyerapan	SNI 03-1970-1990
2	Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997
3	Angularitas	ASTM C1252-93
Filler		
1	Berat Jenis	SNI 03-1970-1990

Sumber : (DPU, 2003) *Spesifikasi Campuran Beraspal Panas*

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis aspal pen 60/70. Dipilihnya aspal pen 60/70 adalah karena pertimbangan iklim di Indonesia yang tropis yang cukup panas, sehingga perlu diantisipasi dengan menggunakan aspal dengan penetrasi yang rendah. Pemeriksaan sifat – sifat aspal dilakukan untuk melihat apakah aspal memenuhi persyaratan atau tidak. Jenis pengujian sifat-sifat teknis aspal yang dilakukan diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel. 3 Jenis pengujian sifat-sifat teknis aspal pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Standar
1	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991
2	Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991
3	Titik Nyala; °C	SNI 06-2433-1991
4	Daktilitas pada 25 °C; cm	SNI 06-2432-1991
5	Berat jenis	SNI 06-2441-1991
6	Kelarutan dalam Trichloro Ethylene; % berat	SNI 06-2438-1991
7	Penurunan Berat (dengan TFOT); % berat	SNI 06-2440-1991
8	Penetrasi setelah penurunan berat; % asli	SNI 06-2456-1991
9	Daktilitas setelah penurunan berat; % asli	SNI 06-2432-1991

Sumber : (DPU, 2003) *Spesifikasi Campuran Beraspal Panas*

Gradasi agregat yang digunakan untuk perencanaan campuran adalah gradasi dari beton aspal lapis pengikat (AC-BC). Gradasi agregat campuran diambil dari spesifikasi campuran aspal panas

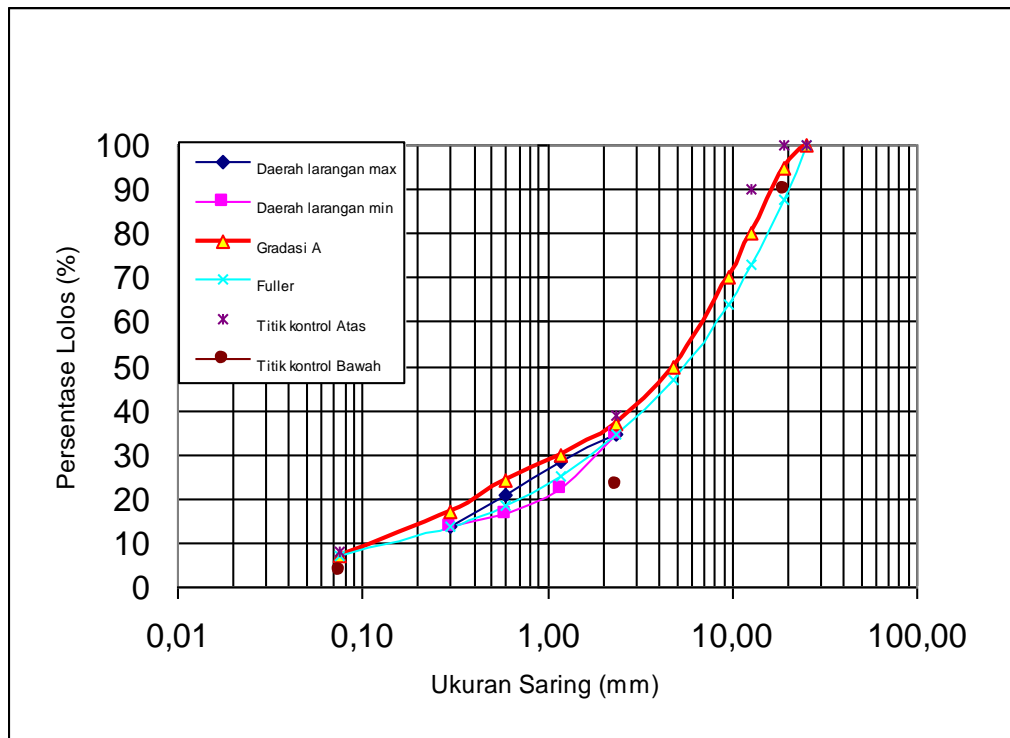
Departemen Pekerjaan Umum (Dep. Kimpraswil) tahun 2003.

Tabel 4. Gradasi agregat yang dipilih

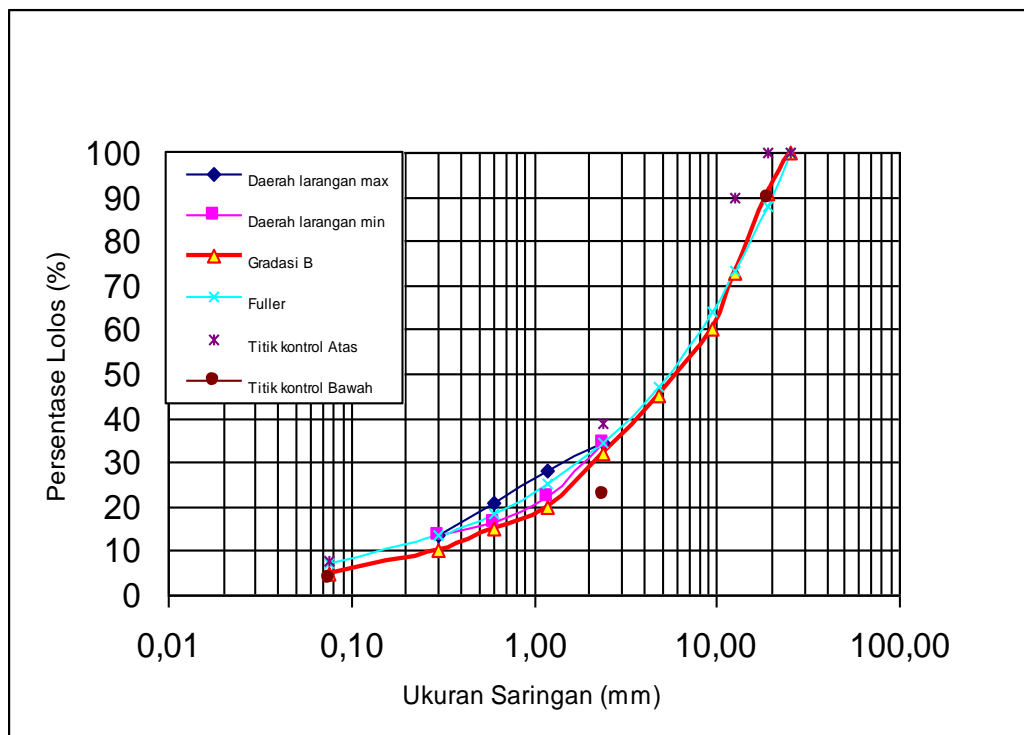
Ukuran Saringan		% Berat yang Lolos Laston Pengikat (AC - BC)					
ASTM	(mm)	Kurva Fuller	Titik Kontrol	Daerah Larangan	Kurva Gradasi Dipilih		
					Campuran A	Campuran B	Campuran C
1"	25,4	100	100		100	100	100
3/4"	19	87,8	90-100		95	91	95
1/2"	12,7	73,2	Maks 90		80	73	84
3/8"	9,5	64,2	-		70	60	75
No. 4	4,75	47,0			50	45	52
No. 8	2,36	34,5	23-39	34,6	37	32	32
No.16	1,18	25,1		22,3-28,3	30	20	20
No. 30	0,6	18,5		16,7-20,7	24	15	14
No. 50	0,3	13,6		13,7	17	10	11
No. 200	0,08	7,3	4. - 8.		7	5	6

Tabel 4. Tipe campuran

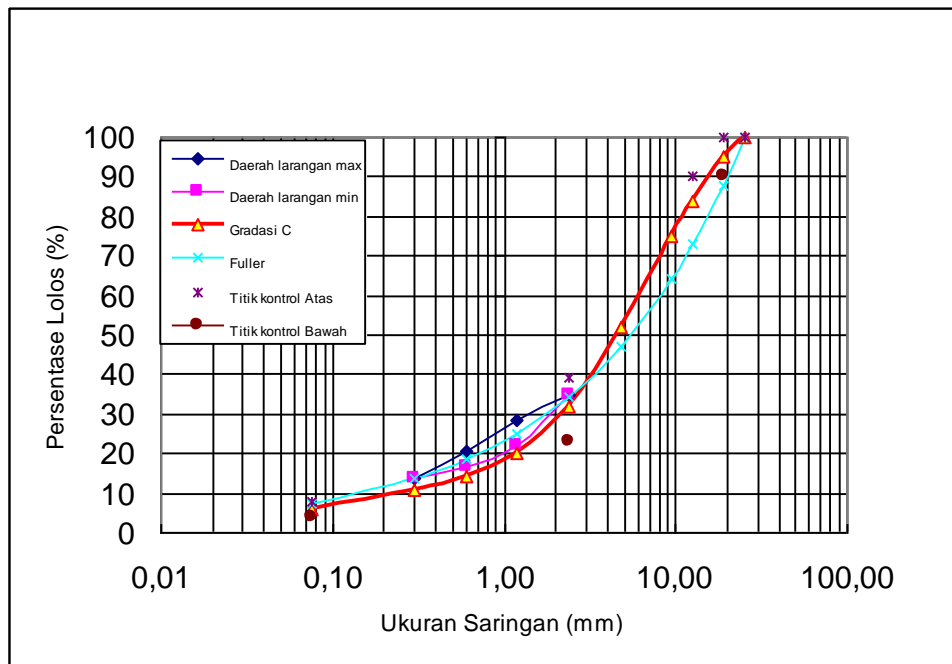
Tipe Campuran	Keterangan
A	Diatas Kurva Fuller
B	Dibawah Kurva Fuller
C	Kombinasi Diatas dan Dibawah Kurva Fuller



Gambar 1. Kurva campuran A



Gambar 2. Kurva campuran B



Gambar 3. Kurva campuran C

Perencanaan campuran

Pada pengujian dengan alat *Marshall*, hal pertama yang dilakukan adalah menghitung perkiraan awal KAO (P_b) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18(\%FF) + K \quad (1)$$

dimana :

CA = *Coarse Aggregate* (Agregat Kasar)

FA = *Fine Aggregate* (Agregat Halus)

FF = *Fine Filler* (Bahan Pengisi)

K = Konstanta, 0,5 s/d 1,0 untuk Laston.

Dengan terlebih dahulu membulatkan nilai P_b sampai 0.5% terdekat, kemudian siapkan benda uji *Marshall* pada 5 variasi kadar aspal masing – masing 3 (tiga) benda uji , yaitu -1,0%, -0,5%, P_b , +0,5% dan +1,0%. Benda uji yang digunakan adalah benda uji standar berbentuk tabung dengan diameter 152,4 mm (6 inch) dan tinggi 102 mm (4 inch).

Pemadatan untuk uji *Marshall* dilakukan dengan penumbukan sebanyak 75 kali per bidang dengan menggunakan penumbuk *Marshall*. Setelah benda uji dipadatkan, kemudian disimpan pada suhu ruang selama 24 jam, selanjutnya benda uji ditimbang di udara, di dalam air dan dalam kondisi kering-permukaan jenuh (*Saturated Surface*

Dry, SSD) untuk mendapatkan berat jenis *bulk* (*Bulk Specific Gravity*). Selanjutnya direndam pada temperatur 60°C selama 30 menit dan siap untuk pengujian stabilitas dan *flow*.

Setelah nilai stabilitas dan *flow* didapat, selanjutnya dihitung besarnya Hasil Bagi *Marshall* (*Marshall Quotient*), Rongga diantara mineral agregat (VMA), rongga dalam campuran (VIM), dan rongga terisi aspal (VFA). Gambarkan grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan masing – masing parameter *Marshall* yang telah dihitung sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gradasi yang ditinjau adalah didasarkan pada gradasi laston lapis pengikat (AC-BC). Hasil pengujian sifat-sifat teknis diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian sifat-sifat teknis agregat.

No	Pengujian	Persyaratan		Hasil Pengujian Campuran		
		Min.	Maks.	A	B	C
Agregat kasar						
1	Penyerapan (%)	-	3	1,236	1,187	1,290
2	Berat jenis					
	- Berat jenis bulk	2,500	-	2,662	2,666	2,660
	- Berat jenis SSD	2,500	-	2,696	2,699	2,700
	- Berat jenis semu	2,500	-	2,757	2,757	2,757
3	Kekekalan agregat terhadap Magnesium Sulfat (%)	-	18	1,22		
4	Abrasi (%)	-	40		21,1	
5	Angularitas	95/90			>95	
6	Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	95			>95	
7	Partikel pipih (%)	-	25		22,91	
8	Partikel lonjong (%)	-	10		19,93	
Agregat halus						
1	Penyerapan (%)	-	3	1,182	1,369	1,351
2	Berat jenis					
	- Berat jenis bulk	2,500	-	2,646	2,634	2,638
	- Berat jenis SSD	2,500	-	2,681	2,674	2,678
	- Berat jenis semu	2,500	-	2,743	2,744	2,746
Filler Abu Batu						
1	Berat Jenis	-	-	2,747		
Agregat gabungan						
1	Berat jenis					
	- Berat jenis bulk	2,500	-	2,663	2,661	2,659
	- Berat jenis SSD	2,500	-	2,695	2,695	2,694
	- Berat jenis semu	2,500	-	2,752	2,753	2,754

Aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat campuran adalah aspal produksi Pertamina dengan penetrasi 60/70. Sifat-sifat aspal yang ditentukan pada pengujian kondisi awal dan sesudah kehilangan berat akibat pemanasan, Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.

Hasil dari pengujian sifat-sifat fisik atau karakteristik agregat kasar, agregat halus, dan filler yang digunakan dalam campuran seperti terlihat pada Tabel 5 menunjukkan bahwa agregat yang digunakan memenuhi spesifikasi yang disyaratkan kecuali pada syarat jumlah partikel lonjong. Jumlah partikel agregat lonjong pada agregat kasar yang digunakan yaitu 19,93% sedangkan syarat maksimum jumlah agregat lonjong adalah 10 %.

Hasil dari pengujian karakteristik aspal minyak jenis pen 60/70 seperti tercantum dalam Tabel 6, menunjukkan bahwa aspal yang digunakan dalam campuran memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

Tabel 6. Hasil pengujian sifat-sifat teknis aspal.

No	Pengujian	Persyaratan		Hasil Uji
		Min	Maks	
1	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik (0,1 mm)	60	79	63,9
2	Titik lembek (°C)	48	58	50,8
3	Titik nyala (°C)	200	-	336
4	Daktilitas, 25 °C, 5 cm per menit	100	-	>100
5	Berat jenis	1	-	1,030
6	Kelarutan dalam Trichloro Ethylene (% berat)	99	-	99,76
7	Penurunan Berat (dengan TFOT), 163°C, 5 jam (% berat)	-	0,8	0,003
8	Penetrasi setelah penurunan berat (% asli)	54	-	57,2
9	Daktilitas setelah penurunan berat (% asli)	50	-	>50

Kadar Aspal Optimum yang diperoleh untuk masing-masing campuran dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil analisis Marshall semua campuran pada KAO

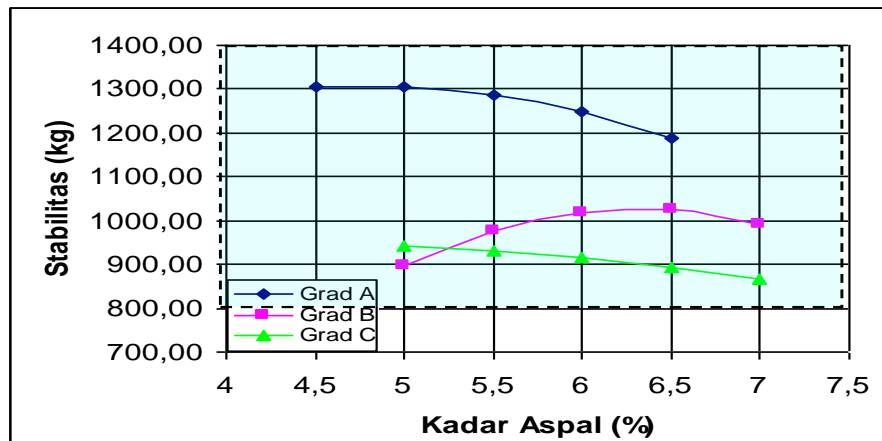
Sifat-Sifat Campuran	Campuran			Spesifikasi
	A	B	C	
Kadar Aspal Optimum; %	5,60	6,10	6,30	
Berat Isi; t/m ³	2,37	2,35	2,33	-
VIM; %	4,46	4,41	5,40	3,5-5,5 %
VMA; %	15,96	16,94	17,63	>14 %
VFA; %	91,19	73,85	71,28	>63 %
Stabilitas; Kg	1281,87	1023,29	903,00	>800 Kg
Kelelahan; mm	3,69	3,93	3,33	>3 mm
Marshall Quotient; Kg/mm	348,62	264,15	268,22	>250 Kg/mm

Stabilitas merupakan parameter empirik, untuk mengukur kemampuan dari campuran aspal untuk menahan deformasi, yang disebabkan oleh suatu pembebanan. Dari hasil perbandingan nilai stabilitas terhadap perubahan nilai kadar aspal yang ditunjukkan pada Gambar 4, dapat dijelaskan bahwa akibat perubahan kadar aspal dalam campuran, akan menaikkan nilai stabilitas sampai kadar aspal tertentu kemudian nilai stabilitas akan menurun. Hal

ini menunjukkan adanya nilai optimum kadar aspal untuk masing-masing gradasi, yang akan memberikan nilai maksimum stabilitasnya.

Campuran A memberikan nilai stabilitas yang lebih besar dari campuran B dan C, hal ini dikarenakan campuran A bermatrik lebih

halus dibandingkan campuran B dan C. Kondisi ini sesuai dengan fungsi agregat halus, yaitu menambah stabilitas campuran dengan mengisi rongga antar butir agregat kasar sehingga memperkuat sifat saling mengunci (*interlocking*).

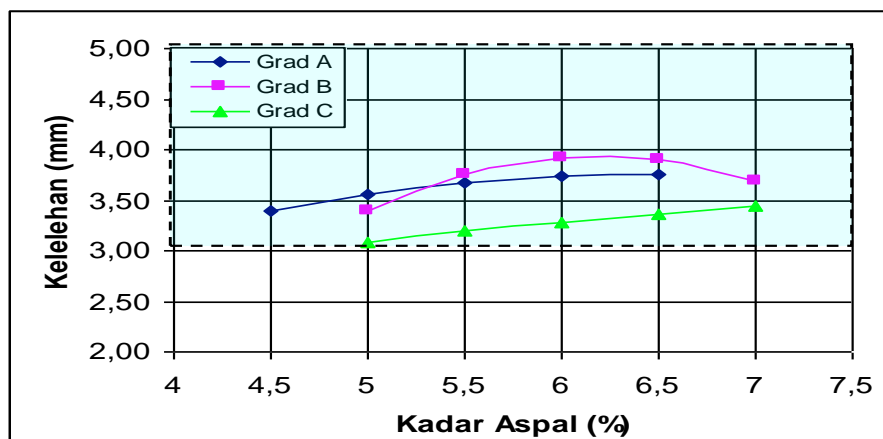


Gambar 4. Perbandingan kurva stabilitas terhadap perubahan kadar aspal

Kelelahan (*flow*)

Nilai kelelahan merupakan indikator terhadap kelenturan atau perubahan bentuk plastis campuran aspal akibat pengaruh beban. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya nilai kelenturan yaitu penggunaan aspal dalam campuran, temperatur, viskositas aspal dan bentuk partikel agregat. Perbandingan nilai kelelahan terhadap

perubahan kadar aspal dari ketiga tipe campuran dapat dilihat pada Gambar 5. Nilai kelelahan tertinggi diperoleh pada campuran B kemudian disusul oleh campuran A dan C. Hal ini disebabkan tebal film aspal yang menyelimuti partikel campuran B lebih besar dari campuran lainnya, yang membuat butiran mudah bergeser dan campuran menjadi lebih lentur.



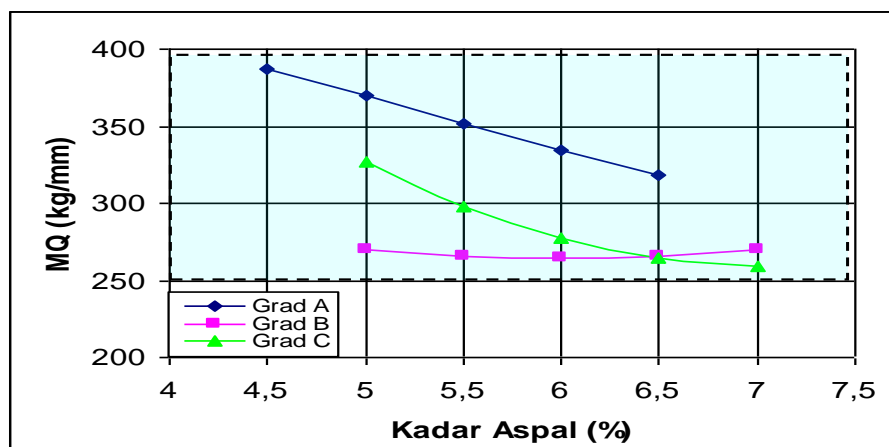
Gambar 5. Perbandingan kurva kelelahan terhadap perubahan kadar aspal.

Marshall Quotient (MQ)

Hasil bagi *Marshall* atau *Marshall Quotient* (MQ) adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelehan, yang merupakan indikator terhadap kekakuan campuran secara empirik. Nilai MQ yang tinggi menunjukkan bahwa suatu campuran memiliki kekakuan yang tinggi, namun berpotensi untuk terjadinya retak, sebaliknya nilai MQ yang rendah menunjukkan bahwa suatu campuran rentan terhadap perubahan bentuk atau deformasi permanen. Perbandingan

campuran nilai *Marshall Quotient* antara campuran A, B, dan C dapat dilihat pada Gambar 6.

Campuran A yang mempunyai nilai kekakuan relatif lebih tinggi dari campuran B dan C. Campuran A dan C sangat peka terhadap perubahan kadar aspal. Hal ini ditunjukkan dengan kemiringan kurva yang tajam tetapi pada campuran B yang terjadi sebaliknya, tidak peka terhadap perubahan kadar aspal.



Gambar 6. Perbandingan kurva MQ terhadap perubahan kadar aspal

KESIMPULAN

Nilai stabilitas pada masing-masing campuran menunjukkan penurunan seiring penambahan kadar aspal. Perbandingan nilai kelelehan tertinggi diperoleh pada B kemudian disusul oleh campuran A dan C. Perbandingan campuran nilai *Marshall Quotient* antara campuran A, B, dan C terjadi penurunan dengan adanya penambahan kadar aspal.

Perlu penelitian lebih lanjut dengan adanya kepadatan mutlak dan juga memakai kadar aspal optimum pada kepadatan mutlak tersebut. Perlu pengujian lanjut untuk menentukan kelelehan campuran aspal.

DAFTAR PUSTAKA

Brown, S.F., and Brunton, J.M. 1980. *An Introduction to the Analytical Design of Bituminous Pavements*. Departemen of Civil Engineering, University of Nottingham, 1-25.

Departemen Pekerjaan Umum. 1999. **Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak**. No. 025/T/BM/1999, Direktorat Jenderal Bina Marga

Departemen Pekerjaan Umum. 2004. **Campuran Beraspal Panas**. Buku V Spesifikasi, Seksi 6.3.

Fahmi, I. 2004. **Kinerja Laboratorium Campuran Hot Rolled Asphalt Memakai Filler Asbuton Terhadap Uji Kelelahan**. Program Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya (STJR), Institut Teknologi Bandung.

Hatherly, L.W., and Leaver, P.C. 1967. *Asphaltic Road Materials*. Edward Arnold (Publishers) Ltd, London.

Huang, Y.H. 1993. *Pavement Analysis and Design*. Prentice-Hall, Inc, New Jersey.

- Shell Bitumen. 1990. *The Shell Bitumen*.
Handbook, Published By Shell Bitumen
U.K.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2003.
**Metode Pengujian Campuran
Beraspal Panas dengan Alat
Marshall.** RSNI M-01-2003, Badan
Standar Nasional Indonesia.